



陽子線治療の品質管理における簡易的で高精度な測定技術の開発

著者	森 祐太郎
発行年	2017
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2016
報告番号	12102甲第8252号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00147913

氏 名	森 祐太郎		
学 位 の 種 類	博士（医学）		
学 位 記 番 号	博甲第 8252 号		
学位授与年月	平成 29 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審 査 研 究 科	人間総合科学研究科		
学位論文題目	陽子線治療の品質管理における簡易的で高精度な 測定技術の開発		
主 査	筑波大学教授	博士（医学）	本間 覚
副 査	筑波大学准教授	博士（医学）	福光 延吉
副 査	筑波大学講師	博士（医学）	三好 浩稔
副 査	筑波大学講師	博士（医学）	岡本 嘉一

論文の内容の要旨

森 祐太郎氏の博士学位論文は、陽子線治療の品質管理における測定技術の開発を検討したもので、その要旨は以下のとおりである。

（背景）

陽子線治療において治療計画通りの線量が照射されるどうかは重要な問題である。筑波大学では Imaging Plate (IP) を用いて品質管理を実施している。しかし診断目的で開発された IP を治療領域に適切に応用するには解決すべき課題がある。それはまず現在の IP では測定の上限となる線量(飽和線量)が小さいこと、次に IP は Linear energy transfer (LET) の影響により陽子線飛程末端領域で感度が低下することである。

（目的）

本研究では、陽子線治療の品質を管理するために、IP を用いて簡易かつ高精度に陽子線治療線量を測定することを目的としている。この目的を達成するためには、まず IP の飽和線量を拡大すること（ステップ 1）、次に IP における LET 依存性測定精度の低下を補正する手法を確立すること（ステップ 2）、という 2 つのステップが必要である。

（方法）

ステップ 1（IP における飽和線量の拡大）： 著者は IP の特性を考慮し以下の 2 つの手法を検討している。まず加熱処理(アニーリング)による IP に蓄積された信号のコントロールを試みた。次に Long Pass Filter (LPF) を独自に設計し、IP から放出される輝尽発光(波長：390 nm)の低減を試みている。ステップ 2（IP と EBT3 の同時測定による感度補正法の開発）： 著者は、LET 依存性により感度が低下すると報告されている IP と EBT3 (Gafchromic EBT3 film) の 2 つの測定器を用いて、感度補正法を開発することを試みている。はじめに Percent Depth Dose (PDD) を同時に測定した。ここで、感度の低下量をリファ

レンスデータに一致するような補正係数を CF (Correction Factor) と定義し、深さ毎の CF を算出している。次に、IP と EBT3 の感度比(相対的 LET 依存性)を RS (Relative Sensitivity) と定義し、RS と CF の関係を関数化することにより IP の感度補正関数を作成している。

(結果)

ステップ 1：著者は放射線照射後の IP に対して 80℃のアニーリング処理により、通常の 2 倍の線量まで読み取りが可能となることを示した。また、LPF の使用により、通常の 4 倍の線量まで読み取りが可能となることを示した。以上より、従来法の 25 cGy に比べ、8 倍の 200 cGy まで飽和線量を拡大しうることを明かしている。ステップ 2：著者は飛程末端領域において、EBT3 の方が IP に比べて LET 依存性による感度低下量が多いことを把握し、IP と EBT3 を組み合わせて測定を行うことにより、2 つの測定器の感度比から測定値を補正する感度補正関数を作成しうることを明らかにした。

(考察)

ステップ 1：これまでの報告では、線量応答直線性を損なわない最大値は 20 cGy であったが、本研究では 200 cGy と大きく更新した。本研究と同じくフィルタを用いた報告では、飽和線量は 1.92 倍まで拡大できているが、線量応答直線性が損なわれている。著者は本研究において、フィルタの設計を工夫することで、線量応答直線性を担保し得たと考察している。ステップ 2：IP または EBT3 単体の測定ではリファレンスデータに対してそれぞれ最大で 7.1%、18%の感度低下がみられたのに対して、本法では 0.95%まで測定誤差を低減することに成功した。感度補正関数の作成について、従来のまま IP と EBT3 を同時に測定しようとしても、IP の飽和線量が 25 cGy では EBT3 に対しては処方線量が小さすぎて正確な測定ができない。著者は IP における飽和線量を拡大できたことにより、精度の高い感度補正関数の作成が可能になったと考察している。

審査の結果の要旨

(批評)

本研究では陽子線治療の品質管理において、フィルタ処理のみで過度な線量低減するのではなく、アニーリング処理を組み合わせることにより、空間分解能、線量直線性を担保したまま IP の飽和線量を拡大した点で新規性が高い。また、2 つの測定器を組み合わせることにより測定精度向上を図る構想は独創的であり、陽子線治療の照射線量の品質を管理する上で本研究の意義は大きいと考えられる。

平成 29 年 1 月 16 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。よって、著者は博士(医学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。